

# PENINGKATAN EFESIENSI PRODUKSI ELECTRIC ARC FURNACE DENGAN INJEKSI OKSIGEN UNTUK MENGHEMAT BIAYA ENERGI LISTRIK PADA INDUSTRI BAJA.

Arief Wisnu Wardhana, B.Eng (Hons)  
Program Sarjana Teknik Unsoed Purwokerto

## ABSTRACT

*The highest production in steel making process is the cost of melting in the Electric Arc Furnace (EAF). The higher the electricity cost, the higher the production cost would be. Some means have to be done, therefore, in the melting process, in order to achieve higher efficiency. One of them is by installing a water cooling panel system at the furnace's wall and roof. Another way is by chemical reaction through oxygen injection into EAF. The combination of the two will result in tap voltage at higher current and long arc setting. By obtaining higher power factor and long arc, we can achieve higher productivity and electricity cost saving. Experience and data shows that the power factor and long arc obtained can save up to 1.9 Kwh per Nm<sup>3</sup> oxygen. Using the data, if oxygen were increased until 30Nm<sup>3</sup>/ton, the fixed production cost would increased approximately 5 % for every increase of Rp.100,-/Kwh in electricity cost. Therefore, in order to stabilize the production cost, energy transformation capacity should be increased to become 130 MVA which is combined with an adequate oxygen injection management.*

*Key words : Electrical Arc Furnace, power factor, long arc, oxygen injection*

## PENDAHULUAN

Pada perusahaan baja, untuk melebur bahan baku yang terdiri dari besi tua (scrap) besi spons (spons iron), batu kapur (limestone) dan bahan campuran lainnya menjadi baja diperlukan energi yang sangat besar untuk proses peleburan bahan baku tersebut. Salah satu cara peleburan bahan baku tersebut ialah dengan menggunakan energi listrik yang dihasilkan pada Dapur Busur Listrik atau Electric Arc Furnace disingkat EAF.

Dalam skala industri besar seperti industri baja di PT Krakatau Steel berkaitan dengan aspek energi dihadapkan pada masalah cara penyediaan energi yang dibutuhkan dan cara pengelolaan sehingga diperoleh efisiensi penggunaan yang sebesar-besarnya. Pada kondisi energi yang terbatas, pabrik pemakai energi harus dikelola agar menjadi industri yang tidak boros energi.

Dari aspek ekonomi, biaya energi listrik terbesar pembuatan baja di sebuah pabrik baja, proses peleburan menempati urutan pertama kemudian disusul peringkat berikutnya biaya refraktori, dan ketiga adalah biaya electrode. Oleh karenanya kajian dalam tulisan ini dititik beratkan pada langkah-langkah strategis yang dapat dilakukan dalam operasional dan pengembangan Electrical Arc furnace. berdasarkan pengamatan data dan pengalaman di PT Krakatau Steel.

Dalam pembuatan besi baja melalui proses pembakaran pada dasarnya merupakan reaksi kimia antara bahan bakar yang terdiri dari karbon dan hydrogen dengan oksigen yang berasal dari udara untuk menghasilkan karbon dioksida dan uap air disertai panas. Dari kedua persamaan reaksi tersebut pada hekekatnya apabila kandungan carbon dan hydrogen dalam

bahan bakar diketahui maka jumlah oksigen yang dibutuhkan dapat diperhitungkan. Penggunaan bahan carbon berupa grafit dan oksigen yang diperhitungkan tersebut dapat diinjeksikan kedalam electric arc furnace sehingga memperoleh efisiensi yang tinggi dari segi pemakaian biaya energi listrik.

Masalah peningkatan efisiensi biaya energi listrik disemua industri besar menjadi sangat penting untuk dicermati karena harga minyak diesel untuk industri terus beranjak naik sejak tahun 2000 yang hingga kini mencapai Rp 6650/liter untuk industri, Untuk kategori industri, minyak diesel tidak termasuk komoditi Bahan Bakar Minyak (BBM) yang disubsidi oleh pemerintah. Harga BBM ditetapkan secara fluktuatif dan mengambang sesuai dengan harga minyak dunia. Dengan demikian harga minyak diesel pun akan sangat fluktuatif mengikuti mekanisme pasar, dengan konsekuensi harga listrik untuk industri juga akan berfluktuasi.

## METODE KAJIAN

Kajian tentang efisiensi produksi electric arc furnace dengan injeksi oksigen untuk menghemat biaya energi listrik pada industri baja didasarkan pada pengalaman operasional penggunaan dapur busur listrik di PT Krakatau Steel dan data-data laporan yang direkam dan dijadikan dasar dalam mengoptimalkan pemanfaatan fasilitas Disamping itu juga digunakan referensi kajian-kajian dalam masalah manajemen energi elektrik, manajemen ekonomi dan energi serta konservasi energi di Steel making.

## HASIL DAN PEMBAHASAN.

### A. PERKEMBANGAN TEHNOLOGI DAPUR BUSUR LISTRIK

Di perusahaan besar seperti perusahaan baja PT Krakatau Steel, teknologi dapur Busur Listrik atau electric Arc Furnace dilakukan dengan sistem pabrikasi yang mengandalkan sistem peleburan, Peralatan utama dapur busur listrik terdiri dari peralatan mekanik dan peralatan listrik. Peralatan mekanik berupa dinding dapur (shell) dan atap (roof) dapur busur listrik menggunakan sistem refraktori..

Sistem refraktori tersebut mengharuskan operasi dapur busur listrik dilakukan pada low voltage dan low power factor dengan arus sekunder yang besar. Sasaran utama operasionalnya yaitu agar sebanyak mungkin busur listrik mengalir ke baja cair dan meminimumkan pengaruh buruk busur listrik terhadap dinding dapur.

Agar memperoleh manfaat penggunaan teknologi dapur busur listrik yang maksimal, perusahaan dapat memodifikasi dinding dapur dan roof dengan memasang system panel pendinginan air (water cooled panel). Dengan demikian memungkinkan dapur busur listrik beroperasi dengan power factor yang lebih tinggi untuk mendapatkan busur listrik yang lebih besar (long arc).

Kenyataan dalam praktek, untuk memperbesar power factor dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu: (1) memperkecil setting arus sekunder untuk tegangan tap tertentu dan (2) menaikkan tegangan tap untuk arus sekunder tertentu.

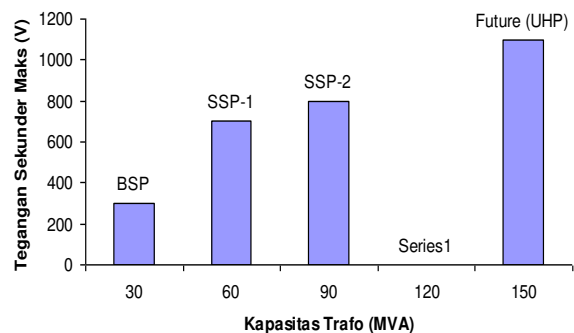
Kedua cara tersebut diatas dapat ditempuh sebuah pabrik untuk mencapai sasaran optimasi energi listrik dan juga electrode. Contoh penerapan metode pertama adalah pada awal berdirinya Pabrik Billet baja (saat masih menggunakan refraktori pada dinding dapur roof), operasi EAF dilakukan pada arus sekunder yang relative tinggi 43 KA, selanjutnya setelah dinding dapur dan roof dilindungi dengan pipa air pendingin, arus sekundernya di set pada 41 KA.

Akhir-akhir ini setting arus sekunder dilakukan pada 38 KA sehingga menghasilkan power factor yang lebih besar. Demikian pula di EAF-6 SSP-1 serta EAF-9 dan EAF-10 SSP-2 telah dipasang Neutral Furnance Controller untuk mengendalikan gerakan elektrode untuk mendapatkan power factor yang lebih tinggi (Satrio.1998).

Penerapan metode kedua terlihat dari pemilihan teknologi EAF seperti ditunjukkan pada gambar 1 yang menggambarkan hubungan

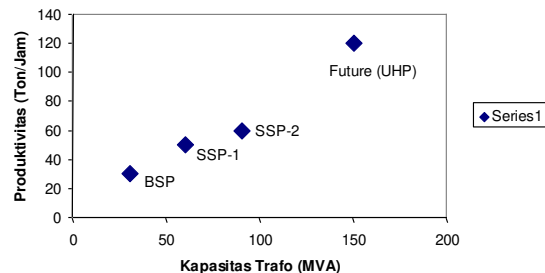
antara kapasitas trafo terhadap tegangan tap maksimal. Makin tinggi tegangan tap pada setting arus sekunder maksimum (sesuai dengan kemampuan electrode mengantarkan arus), maka busur listriknya akan makin panjang. Hal tersebut akan menuntut operasional yang jauh lebih rumit dalam hal pengendalian slag untuk mencegah serangan busur listrik terhadap refraktori.

Gambar 1 juga mengindikasikan bahwa sejak BSP, SSP-1, kemudian dibangun SSP-2 serta rencana pemilihan teknologi EAF selalu diarahkan pada peningkatan produktivitas yang dikombinasikan dengan efisiensi dan optimasi yang dapat memberikan hasil kinerja terbaik. (Agung dan taufik, 1998).



Gambar 1. Penerapan Metode Tegangan Tap

Peningkatan efisiensi operasi EAF menjadi hal yang sangat penting terutama untuk memprediksi kecenderungan kenaikan harga listrik dan adanya tuntutan produktivitas yang makin besar. Pemilihan transformer Ultra High Power (UHP) merupakan kebijakan strategis yang harus dilakukan. Hal tersebut tercermin dari rencana pelaksanaan optimasi EAF SSP-1 dengan kapasitas trafo yang lebih besar untuk memproduksi slab sebanyak 1,5 juta ton per tahun atau dengan tap to tap time saat ini. Grafik produktivitas terhadap kapasitas trafo ditunjukkan dalam gambar 2.



Gambar 2. Grafik Produktivitas Terhadap Kapasitas Trafo

## B. KEBUTUHAN ENERGI DALAM PROSES PELEBURAN

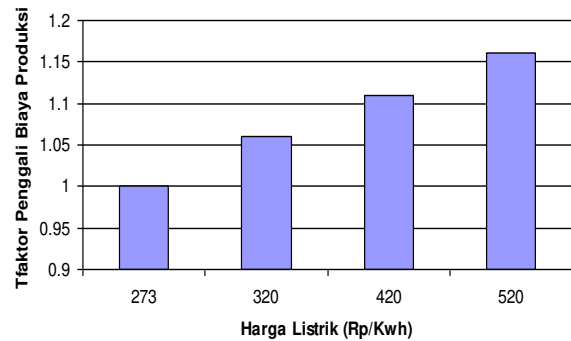
Konsep power factor sangat penting dalam memahami tentang energi listrik secara efisien. Daya total atau power factor yang dikirim ke sebuah resistor akan dibuang dalam bentuk energi panas. (Boylestad, 1994) Perbaikan power factor menjadi rata-rata diatas 0,85 untuk setiap bulannya akan menghasilkan penghematan sebesar nilai penalty pada tagihan listrik berikutnya. Rendahnya power factor menyebabkan dampak negative atau fasilitas seperti Electric arc furnace menjadi tidak efektif, yakni dapat menurunkan efisiensi biaya operasi.

Energi yang masuk ke dalam system EAF merupakan gabungan dari energi kimia (Q), energi listrik atau power yang dialirkan melalui electrode yang digunakan untuk melebur muatan dalam EAF digambarkan sebagai arc power (P-a). Sementara itu, power input (Pi) merupakan total daya masuk ke system EAF yang merupakan jumlah dari P-a dan P-loss tersebut merupakan kehilangan power/energi karena rugi-rugi saluran, kabel, transformer, dan lain-lain. Selain terjadinya kehilangan energi karena rugi-rugi, juga terjadi kehilangan energi karena radiasi ke water cooling panel, roof dan dedusting dapur (q).

Bila energi untuk peleburan baja dan slag masing-masing disebut E1 dan E2, efisiensi trafo disebut (z) serta waktu untuk peleburan (t), maka neraca energi EAF secara matematis dapat ditulis :  $(P_a \cdot z \cdot q) \cdot t + Q = E1 + E2 = \text{konstan}$   
 Dari persamaan tersebut, dapat dihitung waktu yang diperlukan untuk proses peleburan dan energi listrik yang dibutuhkannya. Makin tinggi arc power dan makin besar energi eksotermis melalui injeksi oksigen maka konsumsi energi listrik akan makin rendah dan kecepatan peleburan akan makin besar.

## C. ANTISIPASI KENAIKAN HARGA LISTRIK UNTUK PROSES PELEBURAN

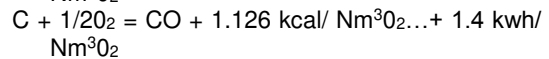
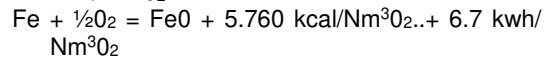
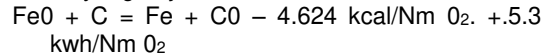
Pemerintah selama ini membuat kebijakan dengan menetapkan harga minyak diesel untuk industri mengikuti harga pasar dan tidak disubsidi, disertai dengan kenaikan harga dasar listrik PLN. Dengan demikian harga yang harus dibayar oleh perusahaan diprediksi juga akan naik. Dengan adanya kenaikan harga listrik tersebut maka akan terjadi kenaikan biaya produksi slab seperti ditunjukkan pada grafik Gambar 3. Apabila terjadi kenaikan harga dasar listrik, maka biaya produksi akan meningkat sebesar 6%. Kemudian biaya produksi tersebut akan naik lagi sebesar 5% untuk setiap kenaikan harga listrik per Rp 100/kwh. (Priyono, 1998).



Gambar 3. Grafik Kenaikan Biaya Listrik Terhadap Biaya Produksi Slab

Adanya kecenderungan kenaikan biaya produksi akibat kenaikan harga listrik, maka perusahaan harus berusaha memaksimalkan penggunaan oksigen dalam proses peleburan. Saat ini konsumsi oksigen untuk peleburan baik di SSP-1 maupun di SSP-2 masih relative kecil, yaitu 10 Nm<sup>3</sup>/ton di SSP-1 dan 15 Nm<sup>3</sup>/ton di SSP-2. Diharapkan di masa yang akan datang oksigen yang dapat diinjeksikan 20-30 Nm<sup>3</sup>/ton. Hal ini sudah tentu memerlukan investasi tambahan seperti supersonic lances, post combustion, dan atau bottom tuyere.

Konsekuensi yang mungkin timbul dari injeksi oksigen berlebih adalah teroksidasinya Fe, sehingga akan mengurangi metalik yield EAF. Tetapi dengan proses foaming slag yang baik maka Fe dari FeO dapat diambil kembali dengan cara dilakukan injeksi grafit ke leburan baja (reaksi endothermic). Secara keseluruhan, reaksi yang terjadi adalah:



Data empiris menunjukkan bahwa efek dari injeksi oksigen terhadap penghematan konsumsi listrik sangat bervariasi antara 1.5 – 5 kwh per normal meter kubik oksigen. Data DALDO Steel Japan memberikan angka 3 kwh/ Nm<sup>3</sup>O<sub>2</sub> untuk peleburan 100% scrap. Pengalaman VAI adalah 2.3 kwh/ Nm<sup>3</sup>O<sub>2</sub>. Data SSP-2 menunjukkan besaran 1,9 kwh/ Nm<sup>3</sup>O<sub>2</sub> (Gambar 4). Keuntungan lain dari injeksi oksigen adalah meningkatkan produktivitas EAF sehingga akan menurunkan fix cost per unitnya.

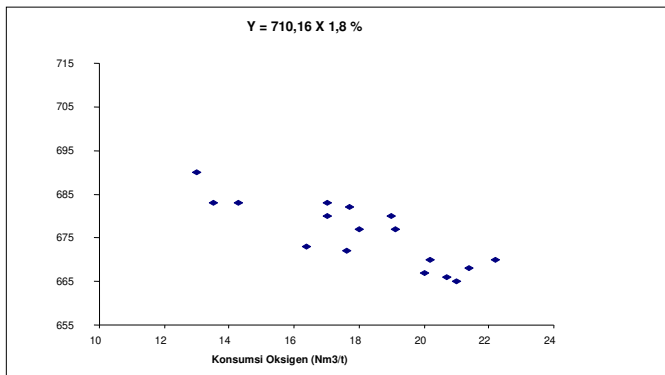
Bahwa oksigen memegang peran penting dalam proses pembakaran melalui dapur busur

listrik sebagai energi alternative. Oleh karena itu pemanfaatan oksigen harus optimal dan juga dibutuhkan optimalisasi harga listrik terhadap oksigen. Didalam gambar 3 dapat dilihat bahwa kenaikan harga listrik berpengaruh terhadap biaya produksi baja slab.

Dari gambar 2 juga nampak bahwa peningkatan kapasitas trafo meningkatkan produktifitas. Dalam Gambar 4 ditunjukkan hubungan antara penggunaan oksigen dalam proses peleburan dengan konsumsi energi listrik. Kombinasi antara konsumsi oksigen, konsumsi energi listrik dan produktifitas akan menghasilkan biaya produksi tertentu. Apabila diasumsikan harga listrik Rp.273/kwh,dan penggunaan oksigen sebagai substitusi energi listrik sebesar 25-30 Nm<sup>3</sup>/ton maka biaya produksi hanya turun 0,1%.

Penurunan biaya produksi tersebut sangat tidak seimbang dengan kenaikan harga listrik yang dapat mencapai Rp.320/kwh. Kenaikan biaya listrik akan menaikkan biaya produksi. Dari simulasi diperhitungkan bahwa biaya produksi akan dapat dipertahankan relative konstan apabila kecepatan peleburan mencapai 110 ton/jam disertai pengaturan injeksi oksigen kedalam dapur busur listrik secara terukur dan terkendali. Dengan menggunakan dapur busur listrik yang mempunyai kekuatan lebih tinggi atau dengan Electrical Arc Furnance dengan spesifikasi Ultra High Power

Konsumsi Energi Listrik (Kwh/Kls)



Gambar 4. Penggunaan Oksigen Dalam Proses Peleburan

## KESIMPULAN

Usah usaha yang dapat dilakukan dalam industri baja agar menekan biaya energi listrik akibat adanya kenaikan harga listrik dapat ditempuh sebagai berikut:

1. Operasional dalam dapur busur listrik harus menghasilkan long arc dan power factor yang tinggi disertai dengan proses foaming slag yang baik dan benar.
2. Melakukan injeksi oksigen yang cukup dengan penambahan bahan bakar carbon berupa grafit yang seimbang.
3. Penggunaan system panel pendinginan air ( water cooled panel) untuk dinding dapur (shell) guna menunjang metode injeksi oksigen dan proses foaming slag
4. Penggunaan transformator dengan kapasitas yang tinggi atau Ultra High Power merupakan keputusan manajemen yang bijaksana. dalam industri baja

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung C.Totok dan Taufik. 1998. Manajemen Energi Thermal dan Energi Listrik Unit Otonom Pusdiklat PT Krakatau Steel
- Boylestad, Robert.L. 1994. Introductory Circuit Analysis. Seventh Edition.
- Merrill Macmillan Publishing Company.New York
- Marhaban, M.Yusup.1998. Pembakaran dan Konversi Energi. Unit Otonom Pusdiklat PT Krakatau Steel.
- Muradi. 1998. Alat-alat Konservasi Energi. Unit Otonom Pusdiklat PT Krakatau Steel.
- Nur, Jarmi. 1998. Rencana Induk Konservasi Energi. Unit Otonom Pusdiklat PT Krakatau Steel.
- Priyono, Kabul. 1998. Manajemen Ekonomi dan Energi. Unit Otonom Pusdiklat PT Krakatau Steel.
- Satrio, Agus M. 1998. Termodinamika. Unit Otonom Pusdiklat PT Krakatau Steel